

BEST AVAILABLE COPY

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

007579765

WPI Acc No: 1988-213697/198831

XRAM Acc No: C88-095305

XRPX Acc No: N88-162967

Current probe for determining oxygen content in e.g. exhaust gas - includes oxygen ion conducting solid electrolyte carrier for inner and outer pump electrode

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC)

Inventor: DIETZ H; FRIESE K H; GRUENWALD W; PRIETA C

Number of Countries: 015 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 3728289	C	19880804	DE 3728289	A	19870825	198831 B
WO 8902073	A	19890309	WO 88DE426	A	19880707	198911
ES 2008009	A	19890701	ES 882637	A	19880825	198947
EP 376952	A	19900711	EP 88905694	A	19880707	199028
JP 3500085	W	19910110	JP 88505692	A	19880707	199108
KR 125915	B1	19971224	WO 88DE426	A	19880707	199952
			KR 89700707	A	19890424	

Priority Applications (No Type Date): DE 3728289 A 19870825

Cited Patents: Jnl.Ref; DE 3108305; EP 104636; EP 11530; EP 140295; EP 152942; EP 166530; EP 20938; EP 218357; EP 259175; FR 2499720; US 4657659

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 3728289	C		8		
------------	---	--	---	--	--

WO 8902073	A	G			
------------	---	---	--	--	--

Designated States (National): JP KR US

Designated States (Regional): AT BE CH DE FR GB IT LU NL SE

EP 376952	A				
-----------	---	--	--	--	--

Designated States (Regional): CH DE FR GB IT LI NL SE

KR 125915	B1		G01N-027/56		
-----------	----	--	-------------	--	--

Abstract (Basic): DE 3728289 C

A current probe for determining the oxygen content of gas, esp. exhaust gases from combustion engines, includes an oxygen ion conducting solid electrolyte carrier for an inner and an outer pump electrode. A voltage can be applied to the electrode. A channel arrangement is located in front of the inner pump electrode, comprising a porous set of filled diffusion channels and hollow diffusion channels, for Knudsen diffusion and gas phase diffusion respectively.

ADVANTAGE - The probe is simple, efficient and reliable.

1/9

Title Terms: CURRENT; PROBE; DETERMINE; OXYGEN; CONTENT; EXHAUST; GAS; OXYGEN; ION; CONDUCTING; SOLID; ELECTROLYTIC; CARRY; INNER; OUTER; PUMP; ELECTRODE

Derwent Class: E36; J01; S03; X22

International Patent Class (Main): G01N-027/56

International Patent Class (Additional): G01N-027/50

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): E11-Q03F; E31-D02; J04-C04

Manual Codes (EPI/S-X): S03-E03B1; X22-A05B

Chemical Fragment Codes (M3):

01 C108 C550 C810 M411 M424 M740 M750 M903 M904 M910 N102 N120 P832

Q020 Q436 Q454 R01779-A

Derwent Registry Numbers: 1521-U; 1544-U; 1779-U

Specific Compound Numbers: R01779-A

?

J

⑬ BUNDESREPUBLIK.
DEUTSCHLAND

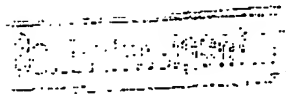


DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 37 28 289 C 1

⑥ Int. Cl. 4:
G 01 N 27/50

⑳ Aktenzeichen: P 37 28 289.1-52
㉑ Anmeldetag: 25. 8. 87
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 8. 88



DE 37 28 289 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:

Friese, Karl-Hermann, Dipl.-Phys.Dr., 7250 Leonberg,
DE; Dietz, Hermann, Dr.; Gruenwald, Werner,
Dipl.-Phys. Dr., 7016 Gerlingen, DE; Prieta, Claudio,
De La, 7000 Stuttgart, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS	30 17 947
DE-OS	29 23 483
US	42 92 158
EP	02 18 357 A

㉗ Nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitende Grenzstromsonde

Beschrieben wird eine nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitende Grenzstromsonde für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in Gasen, insbesondere in Abgasen von Verbrennungsmotoren. Die Sonde weist eine in einem Tunnel (4) liegende innere Pumpelektrode (2) auf, die hinter dem Tunneleingangsbereich (4') angeordnet ist, der eine Füllung (8) mit Diffusionskanälen (8, 9) in der Weise aufweist, daß sowohl Knudsen- als auch Gasphasendiffusion stattfindet. Durch die als Diffusionsbarriere wirkenden Diffusionskanäle (8, 9) läßt sich die Temperatur- und Druckunabhängigkeit der Sonde stark verbessern.

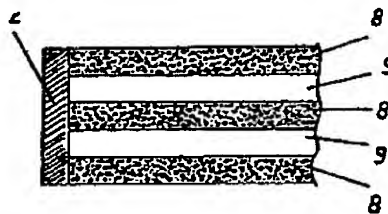


FIG. 3

DE 37 28 289 C 1



Patentansprüche

1. Nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitende Grenzstromsonde für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in Gasen, insbesondere in Abgasen von Verbrennungsmotoren, mit einem sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten als Träger für eine innere und eine äußere Pumpelektrode, an die eine Spannung anlegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß vor der inneren Pumpelektrode (2) ein Kanalsystem (6) aus porös gefüllten Diffusionskanälen (8) für eine Knudsendiffusion und hohlen Diffusionskanälen (9) für eine Gasphasendiffusion angeordnet ist.
2. Grenzstromsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über der inneren Pumpelektrode (2) ein Tunnel (4) aus zwei Trägern (1', 1'') aus plättchenförmigen oder folienartigen Festelektrolyten gebildet wird, die Elektroden (2, 3) sowie die Füllung (6) ringförmig ausgestaltet sind und sich die Diffusionskanäle (8, 9) von einer zentralen Öffnung (10) in den Trägern (1, 1'') bis zur inneren Pumpelektrode (2) erstrecken.
3. Grenzstromsonde nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpelektroden (2, 3), die Leiterbahnen (2', 3') für die Pumpelektroden (2, 3), die Tunnelabdeckung (5; 1'') und die Tunnelfüllung (6) sowie gegebenenfalls weitere Schichten, wie Heizschichten, auf den Träger (1, 1') aufgedruckt sind und der Tunnel (4) über der inneren Pumpelektrode (2) sowie die hohlen Kanäle in der Füllung (6) des Tunneleingangs (4') durch Ausbrennen eines Hohlraumbildners erzeugt sind.
4. Grenzstromsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllung der gefüllten Kanäle (8) für die Knudsendiffusion aus Al_2O_3 und/oder ZrO_2 und/oder Mg-Spinell besteht.
5. Grenzstromsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Tunneldecke (5; 1'') aus Al_2O_3 , Glas, sinteraktivem ZrO_2 , dem Material, aus dem der Festelektrolyt besteht, oder einem keramischen Material besteht.
6. Grenzstromsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem der inneren Pumpelektrode (2) zugewandten Ende der Diffusionskanäle (8, 9) und der inneren Pumpelektrode (2) eine zusätzliche poröse Diffusionsbarriere (11) angeordnet ist.
7. Grenzstromsonde nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Füllmaterial zur beschleunigten Einstellung des Abgasgleichgewichtes von Abgassonden einen Volumenanteil von 10 bis 90 Vol.-% Platin enthält.
8. Grenzstromsonde nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche poröse Barriere aus einem Material besteht, das auch zur Füllung der Kanäle (8) für die Knudsendiffusion geeignet ist.

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitende Grenzstromsonde nach der Gattung des Hauptanspruches.

Nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitende

Grenzstromsonden sind bekannt, z. B. aus der US-PS 42 92 158 und der DE-OS 29 23 483. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Festelektrolytkörper, der eine Anode und eine Kathode trägt, an die eine konstante Spannung anlegbar ist, und einer Diffusionsbarriere in Form eines Loches in einer die Kathode vom Gasraum trennenden Wand.

Es sind ferner, z. B. aus der DE-OS 30 17 947, elektrochemische Meßfühler für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes in Gasen mit einem metallischen Gehäuse bekannt, die dadurch gekennzeichnet sind, daß über mindestens einer Elektrode des Meßfühlers ein gasdichter Tunnel angeordnet ist, dessen zum Meßgas weisendes Ende geöffnet ist und der mit einem gesinterten porösen Füllstoff ausgefüllt ist. Derartige Tunnel oder Hohlräume dienen gleichzeitig als Elektrodenschutz gegenüber aggressiven und heißen Gasen sowie als Diffusionsbarrieren für Sauerstoffmoleküle vor der Meßelektrode von elektrochemischen, nach dem polarographischen Meßprinzip arbeitenden Meßsonden oder Meßführern.

Aufgrund einer vereinfachten und kostengünstigeren Herstellungsweise hat sich in der Praxis in den letzten Jahren die Herstellung von in Keramikfolien- und Siebdrucktechnik herstellbaren Sonden und Meßführern durchgesetzt. Bei den aus der EP-A O 218 357 bekannten Meßführern dieses Typs ist es ferner bekannt, die Meßelektrode in einem Spalt mit brückenbildenden Elementen aus keramischem Material anzuordnen, die die Funktion von Stützelementen ausüben, um eine definierte Spaltbreite zu erzielen und zur Aufrechterhaltung des Diffusionswiderstandes des Meßgases beizubehalten.

Nachteilig an den bekannten, einen Tunnel aufweisenden Grenzstromsonden ist, daß die Abgabe der Signale relativ temperatur- und druckempfindlich ist, was sich naturgemäß äußerst nachteilig auf die richtige Einstellung des richtigen Luft-Brennstoffgemisches auswirken kann.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Grenzstromsonde mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches hat den Vorteil, daß ein Ausgangssignal mit verminderter Temperatur- und Druckabhängigkeit abgegeben wird.

Erfindungsgemäß wird die angestrebte verminderte Temperatur- und Druckempfindlichkeit der Grenzstromsonde somit dadurch erreicht, daß man vor der inneren Pumpelektrode ein Kanalsystem aus porös gefüllten Diffusionskanälen für eine Knudsendiffusion und hohlen Diffusionskanälen für eine Gasphasendiffusion anordnet, in denen die Meßgasmoleküle unterschiedlich diffundieren.

Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Sonde eine planare Form auf mit einem plättchenförmigen oder folienartigen Träger, die leicht maschinell im Mehrfachnutzen gefertigt werden kann.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Diffusionsbarrieren vor der Kathode wird die Anlieferung des Meßgases derart gebremst, daß die Diffusion des Meßgases zur Kathode zum geschwindigkeitsbestimmenden Schritt der Reaktionskette wird. Gegenüber ungefüllten oder hohlen Tunneln, wie sie z. B. aus der DE-OS 35 43 083 und der EP-PA 01 88 900 bekannt sind, weisen die erfindungsgemäß eingesetzten gefüllten Tunnel einen erhöhten Diffusionswiderstand auf, so daß der Meßbereich auf höhere Sauerstoffkonzentrationen



erweitert werden kann. Gegenüber direkt auf die Elektrode gedruckten oder plasmagespritzten porösen Diffusionsschichten wird ein höherer, langzeitstabiler Diffusionswiderstand erzielt. Gegenüber plasmagespritzten porösen Diffusionsschichten kann erfindungsgemäß der Diffusionswiderstand genauer eingestellt werden. Von den aus der EP-A 02 18 357 bekannten, die Funktion von Stützelementen ausübenden brückenbildenden Elementen und den aus der DE-OS 30 17 947 bekannten Tunnelfüllungen unterscheidet sich die erfindungsgemäß verwendete Tunnelfüllung entscheidend dadurch, daß sie eine Diffusionsbarriere für eine Mischdiffusion aus Knudsen- und Gasphasendiffusion darstellt.

Zeichnung

Die Figuren dienen der näheren Erläuterung der Erfindung. Im einzelnen sind dargestellt in:

Fig. 1 eine einen Tunnel aufweisende Grenzstromsonde schematisch im Schnitt;

Fig. 2 eine weitere Ausgestaltung einer einen Tunnel aufweisenden Grenzstromsonde schematisch im Schnitt;

Fig. 3 ein Beispiel für eine lineare Parallelanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Tunnelabschnitten im Schema;

Fig. 4 ein Beispiel für eine radiale Parallelanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Abschnitten im Schema;

Fig. 5 ein Beispiel für eine Kombination aus Parallel- und Serienanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Abschnitten im Schema;

Fig. 6 eine weitere beispielsweise Ausführungsform einer Parallelanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Tunnelabschnitten und mit einem in Serie geschalteten gefüllten Tunnelabschnitt im Schema;

Fig. 7 eine weitere beispielsweise Ausführungsform einer Parallelanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Abschnitten und mit einem in Serie geschalteten gefüllten Tunnelabschnitt im Schema;

Fig. 8 eine weitere beispielsweise Ausführungsform einer Parallelanordnung von gefüllten und nicht gefüllten Tunnelabschnitten und mit einem in Serie geschalteten nicht gefüllten Tunnelabschnitt im Schema und in

Fig. 9 die Abhängigkeit von Knudsen- und Gasphasendiffusion von der Temperatur.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Grenzstromsonde besteht aus dem in Form eines Plättchens oder einer Folie vorliegenden Träger 1 aus einem üblichen sauerstoffionenleitenden Festelektrolyten, z. B. aus stabilisiertem Zirkondioxid, der inneren Pumpelektrode, z. B. Kathode 2, der äußeren Pumpelektrode, z. B. Anode 3, dem Hohlraum 4 mit Hohlraumeingangsbereich 4', der Tunneldecke 5 mit der Tunnelfüllung 6, welche die Diffusionsbarriere für den zu messenden Sauerstoff bildet, und der Öffnung 7 für den Gaseintritt. Die Tunneldecke 5 besteht aus keramischem Material, z. B. Aluminiumoxid, Mg-Spinell, Glas oder sinteraktivem ZrO_2 , und die Tunnelfüllung 6 aus porösem Material, d. h. einem Material, das bei der Sintertemperatur des ZrO_2 -Substrates noch nicht dicht sintert, z. B. aus grobkörnigem Zirkondioxid, Mg-Spinell oder Al_2O_3 mit einer Korngröße von z. B. 10 μm und einer Dicke von z. B. 25 μm . Zur Ausbildung einer ausreichenden Porosität können gegebenenfalls Porenbildner zugesetzt werden,

z. B. Thermalrußpulver, das beim Sinterprozeß ausbrennt, oder Ammoniumcarbonat, das verdampft. Bei der Herstellung des Hohlraums enthält dieser noch einen nicht dargestellten Hohlraumbildner, der beispielsweise aus einem beim Sintervorgang entweichenden Kunststoff, z. B. einem Polyurethanpulver, Theobromin oder einem mit Ruß gefüllten plastischen Material bestehen kann. Die Pumpelektroden 2 und 3 bestehen vorzugsweise aus Platin oder einem Gemisch aus Platin und stabilisiertem Zirkondioxid und sind über die Leiterbahnen 2' bzw. 3' an eine nicht dargestellte Spannungsquelle, z. B. eine Batterie mit einer konstanten Arbeitsspannung im Bereich von 0,5 – 1 V, angeschlossen.

Die Herstellung einer derartigen Grenzstromsonde kann mittels an sich bekannter Druckverfahren, insbesondere Siebdruckverfahren, erfolgen, bei dem Pumpelektroden, Tunnelfüllung und Tunneldecke nacheinander aufgedruckt werden, und bei dem gegebenenfalls nach dem Auflaminieren weiterer Folien oder Aufdrucken weiterer Schichten, z. B. für Heizschichten, gesintert wird, wobei der zur Ausbildung des Tunnelhohlraumes verwendete Hohlraumbildner bei Temperaturen von z. B. bis 600°C rückstandslos ausgebrannt wird und dabei einen Hohlraum hinterläßt.

Bei der in Fig. 2 schematisch dargestellten Grenzstromsonde wird der Tunnel 4 aus zwei Zirkondioxidplättchen oder -folien 1' und 1'' gebildet. Die Sonde weist ferner eine ringförmige Diffusionsbarriere 6 und ringförmige Pumpelektroden 2 und 3 auf. Die Herstellung derartiger Grenzstromsonden kann in der für die in Fig. 1 dargestellten Grenzstromsonde beschriebenen Weise unter Einsatz der dort angegebenen Materialien erfolgen. Im Falle der in Fig. 2 dargestellten Grenzstromsonde erfolgt der Gaszutritt durch das Gaszuführungsloch 10.

Im Falle der in Fig. 3 schematisch dargestellten beispielhaften Parallelanordnung wechseln porös gefüllte Diffusionskanäle 8 und nicht gefüllte Diffusionskanäle 9 miteinander ab. Sie treffen auf die Pumpelektrode 2. Die gefüllten und nicht gefüllten Abschnitte oder Kanäle lassen sich dabei wiederum mittels Hohlraumbildnern und Tunnelfüllungen, wie im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben, erzeugen.

Im Falle der in Fig. 4 und 5 dargestellten beispielhaften Anordnungen von gefüllten Abschnitten 8 und nicht gefüllten Abschnitten 9 bilden die Abschnitte Kanäle, die sich von dem gestanzten Loch 10 für die Abgaszuführung bis zur ringförmigen Pumpelektrode 2 erstrecken. Charakteristisch für die in den Fig. 4 und 5 dargestellten Ausführungsformen ist somit, daß Sektoren von gefüllten und ungefüllten Bereichen von Diffusionsbarrieren nebeneinanderliegend auf einer Ringfläche angeordnet sind. Im Falle der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform wird eine besonders vorteilhafte Unabhängigkeit von Druck und Temperatur erreicht.

Die in den Fig. 6 und 7 dargestellten Anordnungen von gefüllten Tunnelabschnitten 8 und nicht gefüllten Tunnelabschnitten 9 entsprechen denen, die in den Fig. 3 und 5 dargestellt sind, mit der Ausnahme jedoch, daß in der Diffusionsstrecke vor der Pumpelektrode 2 jeweils eine weitere poröse Diffusionsstrecke 11 angeordnet ist. Hierdurch lassen sich die Einstellung der Druckunabhängigkeit noch verfeinern und der Meßbereich der Sonde noch erweitern. Die eine zusätzliche Barriere bildende Diffusionsstrecke besteht in vorteilhafter Weise aus einem Material, das auch zur Füllung der Kanäle geeignet ist. Auch im Falle der in den Fig. 6 und 7 dargestellten Anordnungen werden besonders vorteil-

hafte Druck- und Temperaturabhängigkeiten erreicht. Dies gilt schließlich auch für die in Fig. 8 dargestellte Ausführungsform einer Parallelanordnung von gefüllten Tunnelabschnitten 8 und nicht gefüllten Tunnelabschnitten 9 und einem in Serie geschalteten nicht gefüllten Tunnelabschnitt 9'.

Die durch die Kombination von gefüllten und nicht gefüllten Kanälen gebildete Diffusionsstrecke kann verschieden lang sein. Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, wenn die aus den Kanälen gebildete Diffusionsstrecke im Bereich von 0,5 bis 5 mm liegt. Im Falle der in den Fig. 6 und 7 dargestellten Ausführungsformen wird die Gesamtdiffusionsstrecke durch die zusätzlichen Barrieren 11 weiter erhöht, z. B. um 0,5 mm. Während im Falle der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Grenzstromsonden die gefüllten Diffusionskanäle nicht bis zur Pumpelektrode 2 reichen, also ein freier Spalt verbleibt, können die gefüllten Diffusionskanäle jedoch auch, wie in den Fig. 3—7 dargestellt, bis an die Pumpelektrode 2 reichen. Gegebenenfalls kann das als Diffusionsbarriere wirkende Kanalsystem 6 nicht nur vor der Pumpelektrode 2 sondern auch über derselben angeordnet sein.

Die mit einer erfindungsgemäßen Grenzstromsonde erzielbare Verbesserung der Temperatur- und Druckabhängigkeit der Sensor- oder Ausgangssignale beruht ganz offensichtlich darauf, daß durch die erfindungsgemäße Parallel- und/oder Serienschaltung von gefüllten und ungefüllten Tunnelabschnitten oder Diffusionskanälen die Bedingungen für den Ablauf einer Gasphasen- und einer Knudsendiffusion geschaffen werden. Während bei der Gasphasendiffusion, wie sie in hohlen Tunneln auftritt, der Grenzstrom proportional $T^{3/2}$ und druckunabhängig ist, wird bei der Knudsendiffusion in porös gefüllten Diffusionskanälen mit engen offenen Poren das Signal proportional zu

$$\frac{1}{\sqrt{T}}$$

und proportional zum Druck p .

Fig. 9 zeigt die Abhängigkeit der beiden Funktionsverläufe von der Temperatur, deren Summe nahezu konstant ist.

Durch die erfindungsgemäße Kombination von porös gefüllten und nicht gefüllten oder hohlen Tunnelabschnitten läßt sich überraschenderweise eine weitestgehende Temperatur- und Druckunabhängigkeit erzielen. Dabei hat sich gezeigt, daß sie durch die erfindungsgemäße Kombination von Gasphasendiffusion und Knudsendiffusion im Tunnelquerschnitt eine weitestgehende Unabhängigkeit des Grenzstromes in einem Temperaturbereich von ca. 450°C bis 800°C erzielen läßt.

Weiterhin läßt sich durch Variation der Korngröße des Tunnelfüllmaterials des Verhältnis von Knudsen- zu Gasphasendiffusion weiter modifizieren.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird dem porösen Füllmaterial, das, wie bereits angegeben, vorzugsweise aus ZrO_2 und/oder Al_2O_3 und/oder Mg-Spinell besteht, Platin zugesetzt. In zweckmäßiger Weise liegt der Volumenanteil des Platins dabei zwischen 10 und 90%. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, etwa 40 Vol.-% Platin einzusetzen. Durch den Platinzusatz wird eine beschleunigte Einstellung des Abgasgleichgewichts im Diffusionskanal erreicht.



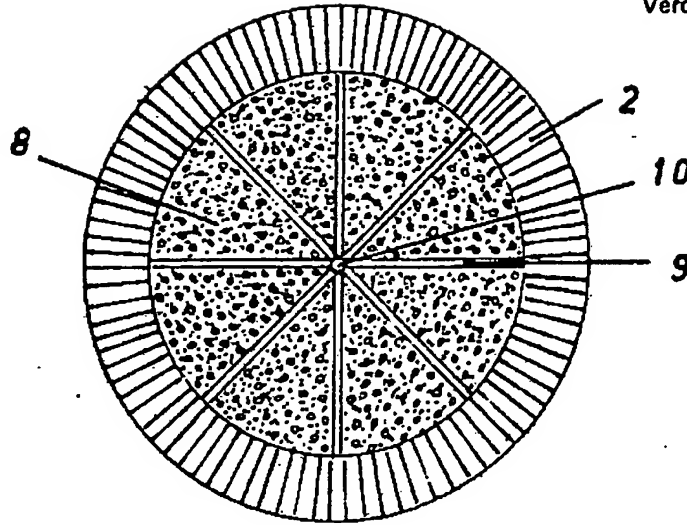


FIG. 4

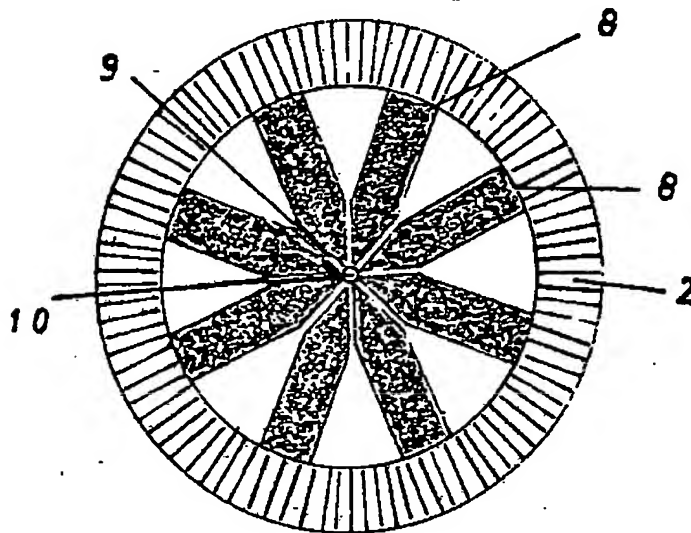


FIG. 5

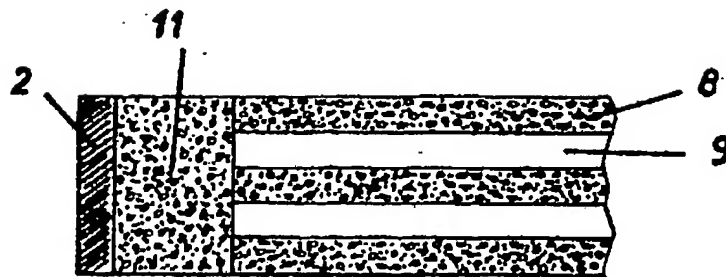


FIG. 6

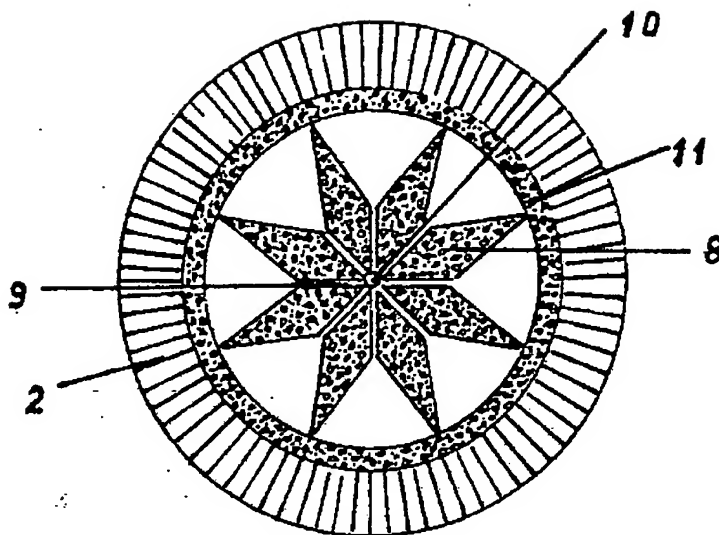


FIG. 7

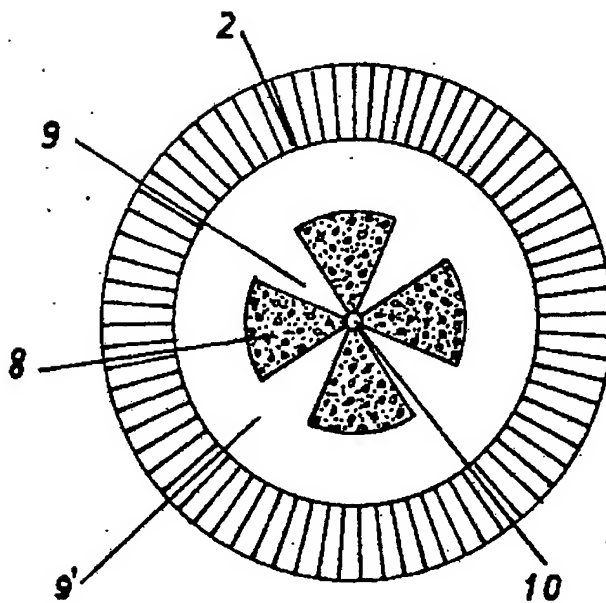


FIG. 8

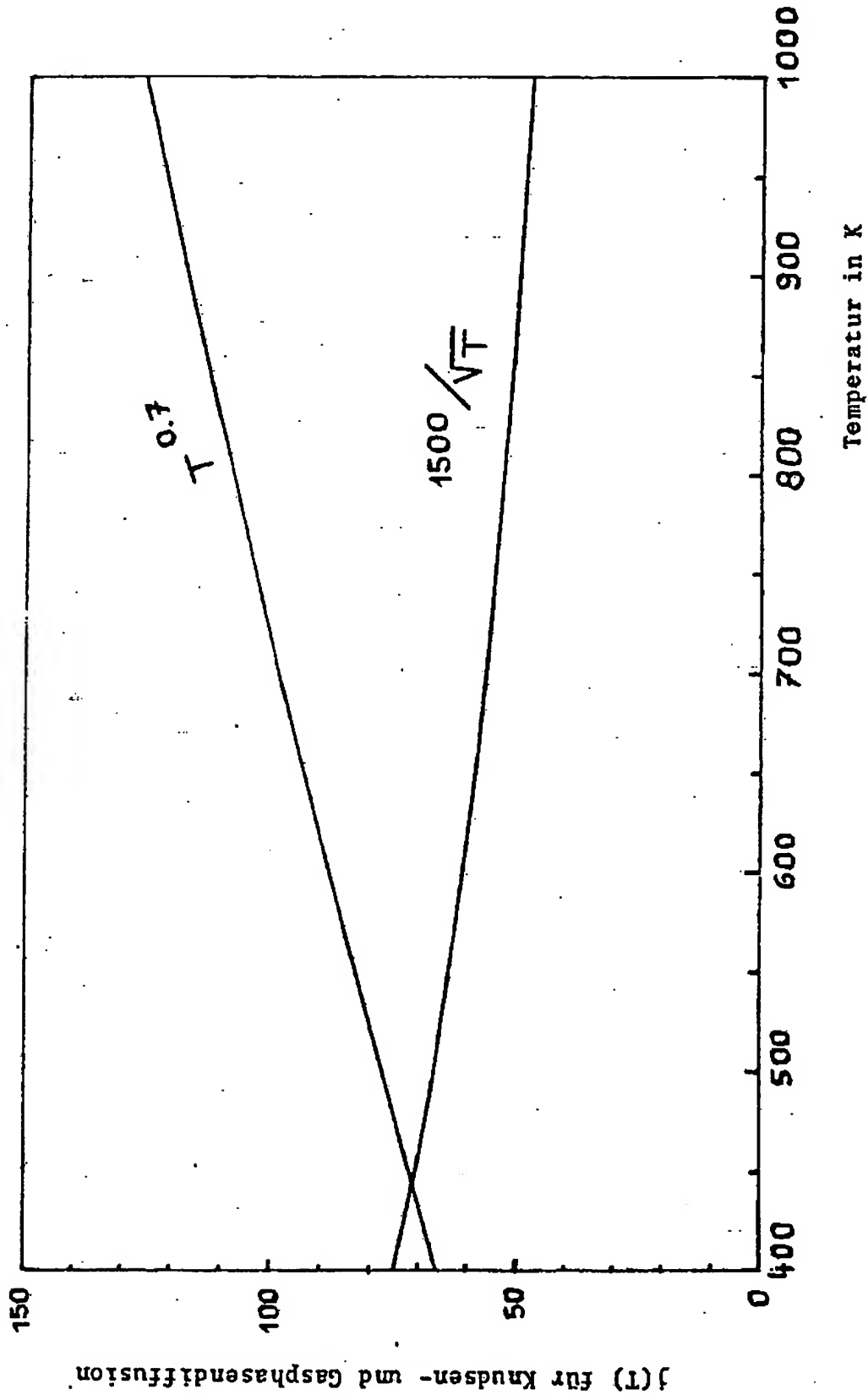


FIG. 9

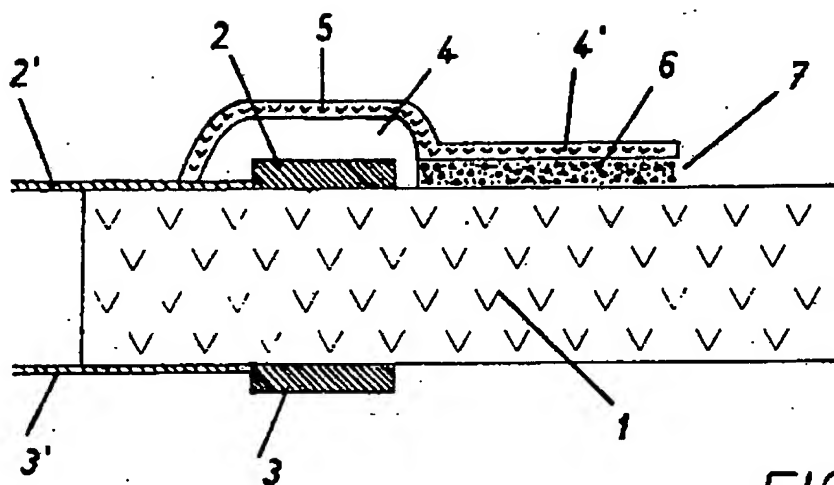


FIG. 1

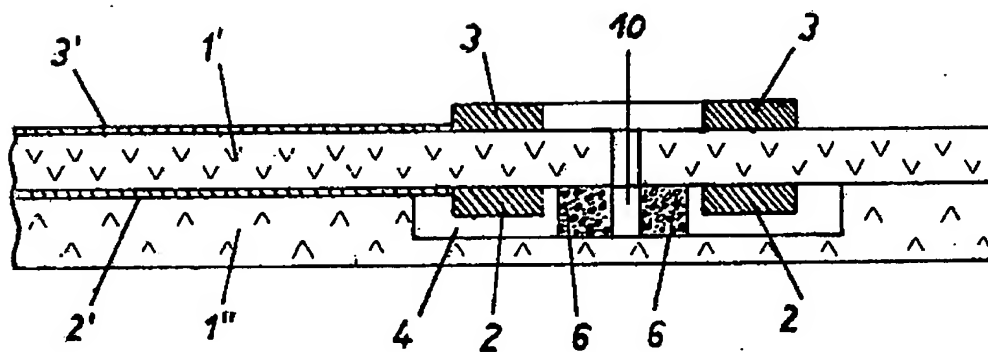


FIG. 2

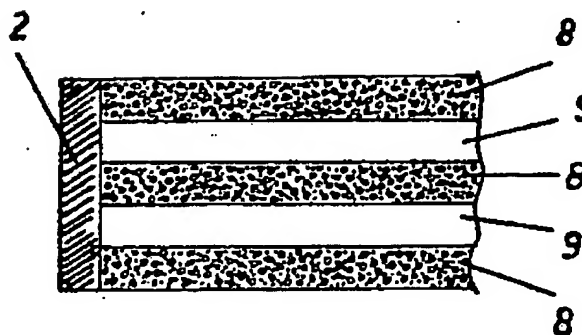


FIG. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.